



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ **Offenlegungsschrift**
⑯ ⑩ **DE 198 26 122 A 1**

⑯ Int. Cl. 6:
G 01 W 1/00
G 08 C 17/02
H 04 Q 9/00
G 01 R 29/08

⑯ Innere Priorität:
197 25 212.5 15. 06. 97

⑯ Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

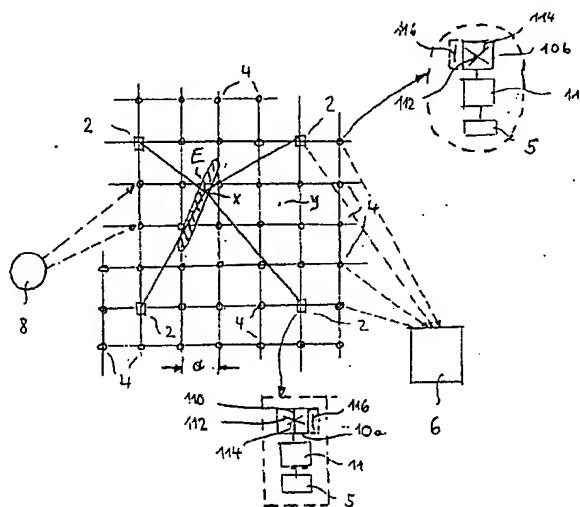
⑯ Anmelder:
Spherics Mess- und Analysetechnik GmbH, 96215
Lichtenfels, DE

⑯ Vertreter:
E. Tergau und Kollegen, 90482 Nürnberg

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie

⑯ Ein elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie, enthält eine Mehrzahl von Meßstationen (2, 4), die räumlich verteilt in einem vorgegebenen Raumgebiet angeordnet sind. Jede Meßstation (2, 4) enthält zumindest einen Spherics-Empfänger (10a, 10b) zum Empfangen eines Spherics-Signals und eine Übertragungseinrichtung (5) zum Übermitteln von in der Meßstation (2, 4) vorliegenden und aus den Spherics-Signalen abgeleiteten Meßdaten an eine den Meßstationen (2, 4) zugeordnete zentrale Auswerteeinheit (6), wobei der mittlere Abstand (a) jeweils benachbarter Meßstationen (2, 4) zur flächenbedeckenden Erfassung kurzreichweiter Spherics-Signale weniger als 50 km beträgt.



DE 198 26 122 A 1

DE 198 26 122 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie, mit dem Spherics-Signale erfaßt und analysiert werden.

Spherics-Signale sind elektromagnetische Signale in Form von unregelmäßig geformten Strahlungsimpulsen, die von dynamischen Prozessen in der Atmosphäre, beispielsweise im Vorfeld von Gewitter- oder Weitertfronten oder in konvektiven Bewölkungsformen auftreten.

Aus zahlreichen Beobachtungen ist es bekannt, daß die einzelnen Parameter der Spherics-Signale, wie Anzahl, Amplitude und Frequenz der Schwingungen, sowie die Impulsfolgefrequenz, die Häufigkeitsverteilung auf die Frequenzwerte und die Signalformen eng mit den sie auslösenden Wettervorgängen, insbesondere mit der Art und Bewegung von atmosphärischen Luftmassen verknüpft sind.

Bei den bisher bekannten elektromagnetischen Meßsystemen zum Erfassen und Analysieren von Spherics-Signalen handelt es sich um Einzel-Empfänger oder -Sensoren, mit denen systembedingt nur ein grober Rückschluß auf das allgemeine Wettergeschehen erfolgen kann, da bei Empfang eines Spherics-Signales allenfalls die Richtung des Quellorts, nicht jedoch die Signalstärke am Quellort sowie die durch die unterschiedlichen physikalischen Zustände der Atmosphäre längs des Ausbreitungsweges dieses Spherics-Signales erfolgte Veränderung beurteilt werden kann.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie anzugeben, mit dem das allgemeine Wettergeschehen als Grundlage für eine Wetterprognose präziser erfaßt werden kann.

Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit einem elektromagnetischen Meßsystem für die Meteorologie mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Das erfindungsgemäße elektromagnetische Meßsystem umfaßt eine Mehrzahl von Meßstationen, die räumlich verteilt in einem vorgegebenen Raumgebiet angeordnet sind. Jede Meßstation enthält zumindest einen Spherics-Empfänger zum Empfangen der Spherics-Signale und eine Übertragungseinrichtung zum Übermitteln von in der Meßstation vorliegenden und aus Spherics-Signalen abgeleiteten Meßdaten an eine den Meßstationen zugeordnete zentrale Auswerteeinheit, wobei der mittlere Abstand jeweils benachbarter Meßstationen zur flächendeckenden Erfassung kurzreichweiter Spherics-Signale weniger als 50 km beträgt.

Die Erfindung beruht nun auf der Überlegung, daß die für Kurzfrist-Prognosen (Nowcast) relevanten atmosphärischen Ereignisse in der Regel zu Spherics-Signalen mit lediglich geringer Reichweite führen. Diese Spherics-Signale haben eine Impulsdauer bis zu einigen 100 μ s und bestehen aus einer oder mehreren Schwingungen, deren Schwingungsfrequenz im Bereich zwischen etwa 3 und 100 kHz, also im VLF-Bereich, angesiedelt ist. Die Impulsfolgefrequenz dieser Spherics-Signale kann bis zu einigen 100 Hz betragen. Die maximale Amplitude der Spherics-Signale hängt von der Art und der Entfernung der Signalquelle ab und beträgt für den elektrischen Feldvektor bis zu einigen Volt pro Meter. Die typischen Entladungsstromstärken sind kleiner als 1 kA, so daß die effektive Reichweite maximal etwa 50 km beträgt. Die für die Kurzfrist-Prognose besonders relevanten Spherics-Quellen können somit nur im Nahbereich, d. h. in Entferungen gemessen werden, die der Größenordnung der Wellenlänge entsprechen, so daß sie aus physikalischen Gründen nicht gepeilt werden können. Damit unterscheiden sich Spherics-Signale deutlich von elektromagnetischen Signalen, die durch Blitze erzeugt werden, da die Entladungsströme in Blitzen um zwei Größenordnungen höher sind und somit eine höhere Reichweite haben und beispielsweise eine

Peilung ermöglichen. Durch die erfindungsgemäße Bereitstellung eines entsprechend feinmaschigen Meßnetzes können somit auch die Spherics-Signale mit einer geringen Reichweite flächendeckend erfaßt und für eine zuverlässige und zeitlich und örtlich hochauflösende Wetterprognose genutzt werden.

Die Erfindung geht außerdem von der Überlegung aus, daß die von einer Mehrzahl von Meßstationen, die in Form eines Meßstationsnetzes räumlich verteilt in einem vorgegebenen Raumgebiet angeordnet sind, eine Analyse der Veränderung, die ein Spherics-Signal in der Atmosphäre längs seiner Ausbreitung durch diese erfährt, einen besseren Aufschluß über das allgemeine Wettergeschehen ermöglicht. Insbesondere können durch eine feinmaschige und kontinuierlich erfolgende Messung von Spherics-Signalen neben den aktuellen Wettererscheinungen auch deren Ursachen, beispielsweise Luftbewegungen und Entladungsvorgänge, erfaßt werden, so daß hinsichtlich der künftigen Wetterentwicklung eine insbesondere für kurzfristige Prognosen (typisch 15 Minuten bis 2 Stunden) hohe Treffsicherheit möglich ist. Grundidee der Erfindung ist es somit, ein elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie einzurichten, dessen Sender durch stochastisch auftretende natürliche Ereignisse innerhalb der Atmosphäre dargestellt werden, und dessen Empfänger durch ein Netz von Meßstationen gebildet werden.

Die Erfindung beruht weiter auf der Überlegung, daß die Spherics-Signale längs ihres Ausbreitungsweges in der Atmosphäre durch lokal unterschiedliche thermodynamische und elektrische Gegebenheiten beeinflußt werden, und sich auf diese Weise ergänzende Rückschlüsse auf das aktuelle Wettergeschehen und die sich daraus ergebenden Folgerungen für eine Prognose ableiten lassen.

Die vom erfindungsgemäßen Meßsystem bereitgestellten Daten geben somit ein flächendeckendes Abbild der schwachen atmosphärischen VLF-Emissionen. Diese Daten können nicht nur als Grundlage für eine zuverlässige Kurzfrist-Wetterprognose sondern darüber hinaus auch als verlässliche Grundlage für die epidemiologische Untersuchung der biotropen Wirkungen von VLF-Impulsen auf den menschlichen Organismus verwendet werden.

Der mittlere Abstand benachbarter Meßstationen, d. h. die Maschenweite des Meßnetzgitters beträgt vorzugsweise zwischen 10 km und 50 km, insbesondere etwa 30 km. Dadurch wird eine flächendeckende Erfassung der Spherics-Aktivitäten mit einer Auflösung von etwa 10 km ermöglicht.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist jede Meßstation mit einer Verarbeitungseinheit zum Ableiten von Meßdaten aus den empfangenen Spherics-Signalen vorgesehen. Die Verarbeitungseinheit kann dabei aus einfachen Filtern und/oder analogen Signalbearbeitungsstufen bestehen, mit denen die Signale analog verarbeitet werden, so daß Meßdaten in analoger Form anstehen.

Insbesondere umfaßt die Verarbeitungseinheit einen digitalen Signalprozessor, dem ein Analog-Digital-Wandler vorgeschaltet ist. In diesem Fall können die Spherics-Signale einer digitalen Signalanalyse, beispielsweise einer zusätzlichen digitalen Filterung, insbesondere einer Spektralanalyse oder einer Zeitreihenanalyse aufeinanderfolgender Spherics-Signale, unterzogen werden. Die vom Signalprozessor durch eine solche Analyse abgeleiteten Meßdaten werden dann als digitales Datenwort an die zentrale Auswerteeinheit übermittelt.

Die digitale Signalanalyse wird vorzugsweise mit Hilfe einer geeigneten, insbesondere in einem EPROM abgelegten und von der zentralen Auswerteeinheit ferngewarteten Software vorgenommen. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung findet im digitalen Signalpro-

zessor eine bewertende Analyse der Spherics-Signale statt, in der diese anhand vorgegebener Bewertungskriterien jeweils einer Aktivitätsklasse zugeordnet werden. Durch den Einsatz derartiger intelligenter Meßstationen kann der Umfang der zu übermittelnden Meßdaten erheblich verringert und deren nachfolgende Bearbeitung erleichtert, die beispielweise in einem schnellen Mustervergleich des von allen Meßstationen an die zentrale Auswerteeinheit aktuell übermittelten Datenbildes des Weitergeschehens mit bereits gespeicherten Datenbildern früherer Wettergeschehen bestehen kann, um aus diesen Vergleich Vorhersagen ableiten zu können.

Insbesondere erfolgt im digitalen Signalprozessor eine Trennung von Spherics-Signalen von technischen Störsignalen vornehmen.

Vorzugweise ist dem zumindest eine magnetische VLF-Antenne enthaltenden Spherics-Empfänger eine Signalaufbereitungsstufe mit einem analogen Filter nachgeschaltet. Durch diese Maßnahme können nicht auf atmosphärischen Ursachen beruhende Störsignale, sogenannte Technics-Signale, bereits vor einer digitalen Signalanalyse zumindest teilweise eliminiert werden, da nur elektromagnetische Signale in den für Spherics-Signale relevanten Frequenzbändern einer weiteren Verarbeitung und Analyse zugeführt werden, so daß der digital zu analysierende Datenumfang reduziert ist.

In der zentralen Auswerteeinheit sind in vorteilhafter Weise Mittel zum Bestimmen des Ortes einer Spherics-Quelle durch Auswertung der Meßdaten einer Mehrzahl benachbarter Meßstationen, beispielsweise mit Hilfe von Clusteringalgorithmen, vorgesehen. Dies ermöglicht eine genaue Ortsbestimmung auch im Nahfeldbereich, da die im Nahfeldbereich bei Peil- und Laufzeitverfahren, wie sie beispielsweise in der Blitzortung eingesetzt werden, unvermeidlich auftretenden Fehler vermieden sind.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist zum Bestimmen der Ausrichtung zumindest eines Teiles der Spherics-Empfänger ein zentraler Peilsender vorgesehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Spherics-Empfänger zwei horizontal und zueinander orthogonal ausgerichtete magnetische VLF-Antennen. Dadurch ist es möglich, vertikal polarisierte Spherics-Signale aus beliebigen Richtungen zu empfangen. Darüber hinaus können längerreichweite vertikal polarisierte Spherics-Signale oder Spherics-Signale mit einer vertikal polarisierten Komponente, d. h. Spherics-Signale oder -Signalkomponenten, deren elektrischer Feldvektor senkrecht und deren magnetischer Feldvektor parallel zur Erdoberfläche orientiert ist, durch Vergleich der in den zueinander orthogonalen horizontalen magnetischen Antennen empfangenen Signale hinsichtlich ihrer Ausbreitungsrichtung analysiert werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfaßt der Spherics-Empfänger zumindest einem Teil der Meßstationen eine vertikal ausgerichtete magnetische VLF-Antenne. Damit lassen sich auch Spherics-Ereignisse erfassen, die direkt über dem betreffenden Spherics-Empfänger stattfinden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform enthält der Spherics-Empfänger in zumindest einem Teil der Meßstationen eine Dipol-Antenne zum Messen einer Komponente, vorzugsweise der Vertikalkomponente, des elektrischen Feldes. Aus der Messung einer solchen Feldkomponente können weitere Informationen abgeleitet werden. Insbesondere können die Beziehungen zwischen der elektrischen Feldstärke und der Magnetfeldstärke, beispielsweise deren gegenseitige entfernungsabhängige Phasenverschiebung, analysiert werden.

Insbesondere ist zumindest in einem Teil der Meßstationen ein breitbandiger VLF-Empfänger mit einer Rundfunkantenne zum Empfangen langwelliger Rundfunksignale vorgesehen. Dadurch können zur Analyse des Zustandes der

- 5 Atmosphäre neben den atmosphärischen Sendern auch Rundfunksender herangezogen werden. Die von den mit breitbandigen Rundfunkantennen ausgestatteten Meßstationen empfangenen Rundfunksignale können dann in der zentralen Auswerteeinheit untereinander verglichen werden.
- 10 Aus dem Vergleich können dann Rückschlüsse über die atmosphärischen Bedingungen längs des Ausbreitungsweges des Rundfunksignals gefolgt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform umfaßt die Meßstation zumindest einen weiteren Meßwertaufnehmer 15 zum Erfassen einer weiteren lokalen Meßgröße. Eine solche lokale Meßgröße kann beispielsweise der Druck, die Temperatur, die Leitfähigkeit, die Feuchte, die solare Einstrahlung oder das Stattfinden eines Niederschlags sein.

- 20 In einer bevorzugten Ausgestaltung umfaßt zumindest ein Teil der Meßstationen Meßsystem zum Erfassen ihrer aktuellen räumlichen Position. Dieses Meßsystem kann beispielsweise ein GPS-Meßsystem sein. Dadurch ist es auch möglich, Meßstationen einzubeziehen, deren Ort nicht exakt festgelegt ist, beispielsweise seegestützte Meßstationen oder 25 Meßstationen in Wetterballonen.

Die Übertragungseinrichtung ist in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ereignisgesteuert, d. h. eine Übertragung findet nur dann statt, wenn von der Meßstation ein Ereignis, d. h. ein Spherics-Signal, registriert wird. Dadurch kann die Anzahl der zur Auswerteeinheit übertragenen Meßdaten und somit auch der in der Verarbeitungseinheit erforderliche Rechenaufwand verringert werden.

Insbesondere ist die Übertragungseinrichtung zeitgesteuert aktivierbar, so daß ein zeitlich lückenloses Abbild der atmosphärischen Prozesse im gesamten von den Meßstationen erfaßten Raumgebiet möglich ist.

Zusätzlich kann ein Teil der Meßstationen mit einem VHF/UHF-Empfänger ausgestattet sein, um atmosphärische Einflüsse im HF-Bereich zu messen.

- 40 In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung enthält zumindest Teil der Meßstationen ein Array jeweils gleichartiger Spherics-Empfänger, die in vorgegebenen Abständen, insbesondere zwischen 1 und 20 m, zueinander angeordnet sind. Durch diese Maßnahmen können kurzreichweite technische Störsignale einfach von längerreichweiten echten Spherics-Signalen getrennt werden, indem nur die Signale, die in allen Spherics-Empfängern koinzident auftreten, einer Weiterverarbeitung zugeführt werden.
- 45

50 Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf das Ausführungsbeispiel der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

Fig. 1 ein elektromagnetisches Meßsystem gemäß der Erfindung mit einer Vielzahl von in einem Raumgebiet verteilten Meßstationen in einer schematischen Prinzipdarstellung.

55 Fig. 2 eine bevorzugte Ausgestaltung einer Meßstation, wie sie in dem elektromagnetischen Meßsystem gemäß der Erfindung zum Einsatz gelangt.

Gemäß Fig. 1 sind in einem Raumgebiet eine Vielzahl von Meßstationen 2, 4 netzartig angeordnet. Im Beispiel der

- 60 Figur bilden die Meßstationen 2, 4 ein quadratisches Gitternetz. Die Meßstationen 2, 4 müssen jedoch nicht in einem solchen quadratischen Gitternetz angeordnet sein. Der mittlere Abstand a der Meßstationen 2, 4 untereinander, der im dargestellten quadratischen Gitter der Maschenweite des Gitters entspricht, beträgt weniger als 50 km, vorzugsweise zwischen 10 km und 50 km, insbesondere etwa 30 km, so daß sichergestellt ist, daß die kurzreichweiten Spherics-Signale von zumindest einigen benachbarten Meßstationen

2, 4 erfaßt werden können.

Jede Meßstation 2, 4 enthält eine Übertragungseinrichtung 5, die die in den Meßstationen 2, 4 vorliegenden und aus den Spherics-Signalen sowie aus gegebenenfalls aufgenommenen weiteren Meßgrößen abgeleiteten Meßdaten an eine zentrale Auswerteeinheit 6 überträgt.

Ein ortsfester Peilsender 8, beispielsweise der Zeitzeichensender DCF77 in Mainflingen, dient zur Überwachung der Ausrichtung der in den Meßstationen 2, 4 befindlichen Empfangsantennen.

Die zeichnerisch mit einem Quadrat dargestellten Meßstationen 2 unterscheiden sich von den mit einem Kreis dargestellten Meßstationen 4 dahingehend, daß die zuerst genannten Meßstationen 2 über einen Spherics-Empfänger 10a verfügen, der eine vertikale und zwei orthogonal zueinander und horizontal angeordnete magnetische Antennen 110 bzw. 112, 114, beispielsweise Ferritantennen oder Luftspulenantennen, umfaßt. Die Meßstationen 4 verfügen demgegenüber über einen Spherics-Empfänger 10b, der nur zwei horizontale magnetische VLF-Antennen 112, 114 umfaßt und mit dem die Messung einer vertikalen Magnetfeldkomponente nicht möglich ist. Das aus den Meßstationen 2 gebildete Teilnetz ist dabei nicht so engmaschig, wie das aus den Meßstationen 4 gebildete Teilnetz, da die vom Spherics-Empfänger 10a zusätzlich empfangenen vertikalen Magnetfeldkomponenten in der Regel nur zu Spherics-Ereignissen gehören, die in der Atmosphäre unmittelbar über der betreffenden Meßstation 2 stattfinden und somit bereits von den horizontalen magnetischen VLF-Antennen 112, 114 der benachbarten Meßstationen erfaßt werden.

Die Spherics-Empfänger 10a, 10b eines Teils der Meßstationen 2 bzw. 4 können außerdem mit einer vertikalen Dipolantenne 116 ausgestattet werden, um zusätzlich zu den Horizontalkomponenten des Magnetfeldes auch noch die vertikale Komponente des elektrischen Feldes zu messen.

Jede Meßstation 2, 4 ist mit einer Verarbeitungseinheit 11 ausgestattet, in der die empfangenen Spherics-Signale zu analogen oder digitalen Daten verarbeitet werden, die dann über die Übertragungseinrichtung 5, beispielsweise ein Telefonmodem oder ein Funksender, an die zentrale Auswerteeinheit 6 übermittelt werden. Eine solche Verarbeitungseinheit 11 kann in einem einfachen Fall lediglich aus einem analogen Rechenwerk, beispielsweise einem Filter bestehen.

Wenigstens ein Teil der Meßstationen 2, 4 enthält anstelle eines einzigen Spherics-Empfängers 10a oder 10b jeweils ein lineares oder matrixförmiges Array gleichartiger Spherics-Empfänger 10a bzw. 10b, die in Abständen von etwa 1 bis 20 m zueinander angeordnet sind. Durch diese Maßnahme können auf einfache Weise technisch erzeugte VLF-Impulse mit Reichweiten von wenigen Metern echten Spherics-Signalen mit Reichweiten von mehreren Kilometern separiert werden.

Die Verarbeitungseinheit 11 kann in einer alternativen Ausgestaltung die digitalisierten in einem digitalen Signalprozessor Spherics-Signale selbst einer weiteren digitalen Signalverarbeitung unterziehen, bevor sie diese an die zentrale Auswerteeinheit 6 übermittelt.

In der Figur ist – durch Schraffur hervorgehoben – ein atmosphärisches Ereignis E, beispielsweise eine entstehende Kaltfront, eingezzeichnet. In einer solchen Kaltfront finden charakteristische Entladungsprozesse statt, die die Ursache von für diesen Vorgang charakteristischen Spherics-Signalen sind. Die Erfahrung zeigt nun, daß das Vorhandensein einer solchen Kaltfront vor allem zu relativ langwelligen vertikal polarisierten Spherics-Signalen führt. Mit Hilfe der Meßstationen 2, 4 kann somit der Ort x des ein vertikal po-

larisiertes Spherics-Signal auslösenden Ereignisses ermittelt werden, wobei im Prinzip bereits der Empfang des Spherics-Signales in zwei Meßstationen 2, 4 ausreicht. Die von den Meßstationen 2, 4 empfangenen, hinsichtlich ihres Entstehungsortes und Erscheinungsbildes analysierten Spherics-Signale ermöglichen nun die Aussage, daß sich am Ort x eine Kaltfront befindet. Da in der Umgebung des Ereignisses E, im Beispiel die Kaltfront, befindlichen Meßstationen 2 empfangen insbesondere mit ihren vertikalen VLF-Antennen 110 zusätzlich schwache horizontal polarisierte Spherics-Signale, deren Signalverlauf, Signalhäufigkeit und Signaldauer einen Rückschluß darüber ermöglichen, ob die Kaltfront im Entstehen oder im Vorrücken begriffen ist. Durch die flächenmäßige Verteilung einer Vielzahl von Meßstationen 2, 4 ist es somit möglich, umfassende Informationen über das Wettergeschehen zu erhalten, die als Grundlage für eine sichere kurzfristige Wetterprognose dienen kann. So sind bei Verwendung einer solchen erfundsgemäßen Einrichtung präzise Vorhersagen dahingehend möglich, daß das Entstehen einer Kaltfront an einem Ort y präzise für einen Zeitraum von einer halben Stunde bis zu mehreren Stunden vorhergesagt werden kann.

Eine Ortsbestimmung der Spherics-Signale durch Peilung ist jedoch nur für längerreichweite Spherics-Signale möglich. Die Bestimmung des Quellortes kurzreichweiter Spherics-Signale erfolgt deshalb in der zentralen Auswerteeinheit 6 durch Auswerten der voneinander benachbarten Meßstationen 2, 4 empfangenen Impulsrate- und Leistungsdichtedaten mit Hilfe sogenannter Clusteralgorithmen.

Gemäß Fig. 2 enthält die Meßstation 2 zumindest einen mit drei magnetischen VLF-Antennen 110, 112, 114 ausgestatteten Spherics-Empfänger 10a sowie einen zusätzlichen breitbandigen VLF-Empfänger 12 mit einer horizontalen Rundfunkantenne 120. In der Figur ist außerdem zu erkennen, daß der Spherics-Empfänger 10a zusätzlich mit einer Dipol-Antenne 116 ausgestattet ist.

Dem Spherics-Empfänger 10a ist eine Signalaufbereitungsstufe 14 zugeordnet, die beispielsweise analoge Filter enthält, um die Spherics-Signale von technischen Störsignalen (Technics-Signale) zu trennen. In einer alternativen vorteilhaften Ausgestaltung sind in der Meßstation 2 mehrere Spherics-Empfänger 10a arrayförmig angeordnet, wie dies durch Punkte angedeutet ist. Durch diese Maßnahme können Spherics-Signale von technischen Störsignalen besonders einfach und zuverlässig getrennt werden.

Dem VLF-Empfänger 12 ist ein steuerbares Filter 16 nachgeschaltet, mit dem er auf den jeweiligen Sender abgeglichen werden kann. Außerdem kann die Rundfunkantenne des VLF-Empfängers 12 über den Signalprozessor 22 von der zentralen Auswerteeinheit 6 ferngesteuert werden.

In der Meßstation sind noch eine Reihe weiterer Meßwertaufnehmer 18 vorgesehen, mit denen weitere örtliche Meßgrößen, beispielsweise Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchte, elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre, erfaßt werden.

Signalaufbereitungsstufe 14, steuerbarer Filter 16 sowie Meßwertaufnehmer 18 sind mit ihrem Ausgang an einen Multiplexer 20 angeschlossen, dessen Adresseneingang von einem Signalprozessor 22 angesteuert wird, so daß am Ausgang des Multiplexers 20 jeweils nur das dem aktuellen Adresseneingang zugehörige Signal ansteht. Das am Ausgang des Multiplexers 20 anstehende Meßsignal wird über einen Analog-Digital-Wandler 24 dem Signalprozessor 22 zugeführt.

Dem Spherics-Empfänger 10a ist außerdem ein Sender 26 zugeordnet, der vom Signalprozessor 22 gesteuert vorgegebene Sendesignale zum Selbsttesten des Spherics-Empfängers 10a aussendet.

Im Signalprozessor 22 findet eine Analyse der anstehenden Meßdaten, insbesondere der Spherics-Signale statt. Diese Analyse kann darin bestehen, daß anhand von Plausibilitätskontrollen "unechte" Spherics-Signale von "echten" Spherics-Signalen getrennt werden. Dies kann bei Vorhandensein mehrerer Spherics-Empfänger in der Meßstation beispielsweise dadurch geschehen, daß nur von allen Spherics-Empfängern gleichzeitig empfangene Signale weiterverarbeitet werden.

Des Weiteren kann im digitalen Signalprozessor 22 auch ein von den Spherics-Signalen abgeleitetes interpretiertes Signal generiert werden, das beispielsweise als Datenwort mit einem durch Interpretation der Spherics-Signale gewonnenen Informationsinhalt, beispielsweise mit dem Informationsinhalt "Kaltfront am Ort x" oder "Kaltfront am Ort der Meßstation im Entstehen" über eine Übertragungseinrichtung 5 an die zentrale Auswerteeinheit 6 übertragen werden kann.

Die Algorithmen zur digitalen Signalverarbeitung sind im Signalprozessor 20 in einem EPROM abgelegt und können über ein in der Übertragungseinrichtung 5 vorhandenes Modem frei aktualisiert werden. Diese Algorithmen umfassen beispielsweise bei Meßstationen mit nur einem Spherics-Empfänger einen Algorithmus zur digitaltechnischen Trennung der Spherics-Signale von technischen Störsignalen (Diskriminator), die vom analogen Filter der Signalaufbereitungsstufe 14 nicht ausgesiebt werden konnten.

Im digitalen Signalprozessor 22 ist außerdem ein Algorithmus zur Analyse der Spherics-Signale (Analysator) gespeichert. Diese Analyse kann dadurch erfolgen, daß beispielsweise in festen zeitlichen Meßintervallen, beispielsweise in einem Meßintervall von 1 Minute Dauer, alle Spherics-Signale identifizierten empfangenen Signale in definierten Spektral-Intervallen, beispielsweise in den Intervallen 1 bis 10 kHz, 10 bis 20 kHz, 20 bis 30 kHz, 30 bis 50 kHz, 50 bis 100 kHz, 100 bis 200 kHz, 200 bis 500 kHz, analysiert werden. Hierzu werden die spektralen Leistungsdichten in diesen Spektralbereichen über das entsprechende Zeitintervall integriert und die Anzahl der Impulse in diesem Zeitintervall bestimmt. Eine feste Anzahl von solchen Meßintervallen (beispielsweise 15) wird zu je einem Übertragungssatz zusammengefaßt, nach dessen Ablauf die dabei erhobenen Daten zur weiteren Verarbeitung und Archivierung an die zentrale Auswerteeinheit 6 übermittelt werden.

Im Signalprozessor 22 können außerdem die empfangenen Spherics-Signale so weit verarbeitet und analysiert werden, daß sie in einem vorgegebenen Klassifizierungsschema einer Aktivitätsklasse zugeordnet werden können und nach Ablauf eines Übertragungssatzes nur noch eine Übertragung der Aktivitätsklasse vorgenommen werden muß. Unter Aktivitätsklasse ist dabei die Zusammenfassung der Meßwerte eines Meßintervalls nach einem als typisch erkannten Muster zu verstehen.

Durch diese Maßnahme wird der Umfang der zu übertragenden Daten deutlich verringert.

Im Ausführungsbeispiel ist außerdem ein UHF/VHF-Empfänger 28 vorgesehen, mit dem im HF-Bereich die Fernsehübertragungssignale normaler Fernsehsender empfangen werden können. Dies ermöglicht eine ergänzende Analyse und Interpretation des Wettergeschehens mit Hilfe von elektromagnetischen Signalen im HF-Bereich.

Außerdem ist bei der im Ausführungsbeispiel näher erläuterten Meßstation ein Meßsystem 30 zum Erfassen der aktuellen räumlichen Position, beispielsweise ein GPS-Empfangssystem, vorgesehen, mit dem der aktuelle Ort der Meßstation bestimmt werden kann. Dies ist beispielsweise bei nicht stationären Meßstationen von Vorteil.

Bezugszeichenliste

2, 4 Meßstation
 4 Meßstation
 5 6 Auswerteeinheit
 5 Übertragungseinrichtung
 8 Peilsender
 10a, b Spherics-Empfänger
 11 Verarbeitungseinrichtung
 10 12 VLF-Empfänger
 14 Signalaufbereitungsstufe
 16 steuerbares Filter
 18 Meßwertaufnehmer
 20 Multiplexer
 15 22 Signalprozessor
 28 UHF/VHF-Empfänger
 30 Meßsystem zum Erfassen der aktuellen räumlichen Position
 110, 112, 114 magnetische VLF-Antenne
 20 116 Dipolantenne
 120 Rundfunkantenne
 E atmosphärisches Ereignis
 a Abstand
 x, y Ort

Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Meßsystem für die Meteorologie, mit einer Mehrzahl von Meßstationen (2, 4), die räumlich verteilt in einem vorgegebenen Raumgebiet angeordnet sind, und die jeweils zumindest einen Spherics-Empfänger (10a, 10b) zum Empfangen eines Spherics-Signals und eine Übertragungseinrichtung (5) zum Übermitteln von in der Meßstation (2, 4) jeweils vorliegenden und aus den Spherics-Signalen abgeleiteten Meßdaten an eine den Meßstationen (2, 4) zugeordnete zentrale Auswerteeinheit (6) enthalten, wobei der mittlere Abstand (a) jeweils benachbarter Meßstationen (2, 4) zur flächendeckenden Erfassung kurzreichweiter Spherics-Signale weniger als 50 km beträgt.
2. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch 1, bei dem der mittlere Abstand (a) weniger als 30 km beträgt.
3. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch 1 oder 2, bei dem in der Meßstation (2, 4) eine Verarbeitungseinheit (11) zum Ableiten von Meßdaten aus den empfangenen Spherics-Signalen vorgesehen ist.
4. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch 3, bei dem die Verarbeitungseinheit (11) einen digitalen Signalprozessor (22) zum digitalen Verarbeiten der empfangenen Spherics-Signale umfaßt, dem ein A/D-Wandler (24) vorgeschaltet ist.
5. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch 4, bei dem der digitale Signalprozessor (22) zum Durchführen einer Spektralanalyse der Spherics-Signale vorgesehen ist.
6. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch 4 oder 5, bei dem der Signalprozessor (22) zum Durchführen einer Zeitreihenanalyse aufeinanderfolgender Spherics-Signale vorgesehen ist.
7. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem der Signalprozessor (22) zum Bewerten der analysierten Spherics-Signale anhand vorgegebener Bewertungskriterien vorgesehen ist.
8. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem die zur Durchführung der

Analyse der Spherics-Signale erforderliche Software
Signalprozessor (22) von der zentralen Auswerteeinheit (6) ferngewartet ist.

9. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
Ansprüche 1 bis 8, bei dem der digitale Signalprozes-
sor (22) zur Trennung von Spherics-Signalen und tech-
nischen Störsignalen vorgeschrieben ist. 5

10. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem dem zumindest
eine magnetische VLF-Antenne (110, 112, 114) enthal-
tenden Spherics-Empfänger (10a, 10b) eine Signalauflauf-
bereitungsstufe (14) mit einem analogen Filter nachge-
schaltet ist. 10

11. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem die zentrale Aus-
werteeinheit (6) Mittel zum Bestimmen des Ortes einer
Spherics-Quelle durch Auswertung der Meßdaten zu-
mindest benachbarter Meßstationen (2, 4) umfaßt. 15

12. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem zum Bestimmen 20
der Ausrichtung der Spherics-Empfänger (10a, 10b)
zentraler Peilsender (8) vorgesehen ist.

13. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Spherics- 25
Empfänger (10a, 10b) zwei horizontale und zueinander
senkrecht ausgerichtete magnetische VLF-Antennen
(112, 114) enthält.

14. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch
13, bei dem zumindest in einem Teil der Meßstationen
(2) der Spherics-Empfänger (10a) eine vertikal ausge-
richtete magnetische VLF-Antenne (110) enthält. 30

15. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch
13 oder 14, bei dem der Spherics-Empfänger (10a,
10b) zumindest in einem Teil der Meßstationen (2, 4)
eine Dipol-Antenne (116) zum Messen einer Kompo- 35
nente eines elektrischen Feldes umfaßt.

16. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch
15, bei dem die Dipol-Antenne (116) zum Messen der
Vertikalkomponente des elektrischen Feldes vorgese- 40
hen ist.

17. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest ein
Teil der Meßstationen (2, 4) einen breitbandigen VLF- 45
Empfänger (12) mit einer Rundfunkantenne (120) zum
Empfangen langwelliger Rundfunksignale enthält.

18. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch
17, bei dem zur Überwachung der Ausrichtung der
Rundfunkantenne (120) der zentrale Peilsender (8) vor- 50
gesehen ist.

19. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Meßstation 55
(2, 4) zumindest einen weiteren Meßwertaufnehmer
(18) zum Erfassen einer weiteren lokalen Meßgröße
umfaßt.

20. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Meßstation 60
(2, 4) eine Selbsttesteinrichtung (26) zum Test des
Spherics-Empfängers (10a, 10b) umfaßt.

21. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest ein 65
Teil der Meßstationen (2, 4) ein Meßsystem (30) zum
Erfassen ihrer aktuellen räumlichen Position umfaßt.

22. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Übertra- 70
gungseinrichtung (5) ereignisgesteuert aktivierbar ist.

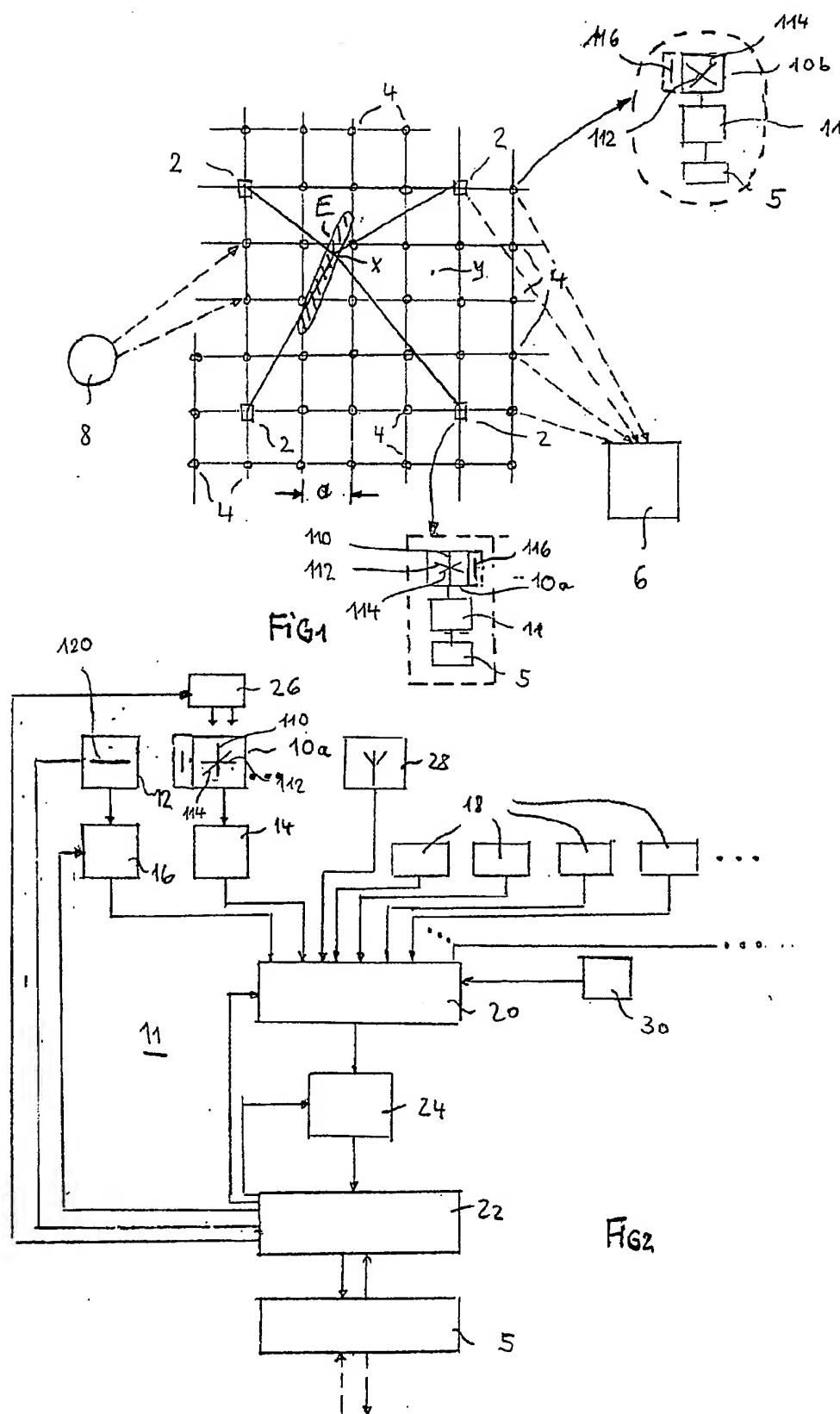
23. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Übertra- 75
gungseinrichtung (5) zeitgesteuert aktivierbar ist.

24. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest ein
Teil der Meßstationen (2, 4) einen UHF/VHF-Empfän-
ger (28) enthält.

25. Elektromagnetisches Meßsystem nach einem der
vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest ein
Teil der Meßstationen (2, 4) ein Array jeweils gleichar-
tiger Spherics-Empfänger (10a, 10b) umfaßt, die in
vorgegebenen Abständen zueinander angeordnet sind.

26. Elektromagnetisches Meßsystem nach Anspruch
25, bei dem der Abstand der Spherics-Empfänger (10a,
10b) in einer Meßstation (2, 4) zwischen 1 und 20 m
beträgt.

Hierzu 1 Scite(n) Zeichnungen



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/050355

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01S5/06 G01W1/16 G01R29/08		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01S G01W G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 246 367 B1 (MARKSON RALPH J ET AL) 12 June 2001 (2001-06-12) abstract column 3, lines 19-61 column 5, line 26 - column 9, line 43 -----	1, 4-11, 13, 15, 18 16, 17
Y	SCHULZ W ET AL: "SITE-ERROR-KORREKTUR BEI EINEM BLITZORTUNGSSYSTEM MIT MAGNETIC-DIRECTION-FINDERN. \TEIL 1: METHODEN DER SITE-ERROR-KORREKTUR" ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK, SPRINGER VERLAG, WIEN, AT, vol. 110, no. 5, January 1993 (1993-01), pages 239-248, XP000361391 ISSN: 0932-383X * Kapitel 1-6 * ----- -/-	16, 17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the International filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"g" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
28 April 2005	13/05/2005	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Grübl, A	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050355

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	US 6 735 525 B1 (MURPHY MARTIN J) 11 May 2004 (2004-05-11) the whole document -----	1-18
P, X	H.-D. BETZ, K. SCHMIDT, W. P. OETTINGER, AND M. WIRZ: "TOTAL VLF/LF-LIGHTNING AND PSEUDO 3D-DISCRIMINATION OF INTRA-CLOUD AND CLOUD-TO-GROUND DISCHARGES" 18TH INTERNATIONAL LIGHTNING DETECTION CONFERENCE, 'Online! 7 June 2004 (2004-06-07), XP002326501 Retrieved from the Internet: URL: http://www.vaisala.com/DynaGen_Attachments/Att33737/33737.pdf 'retrieved on 2005-04-26! the whole document -----	1,11,18
A	DIENDORFER G ET AL: "ALDIS - DAS OESTERREICHISCHE BLITZORTUNGSSYSTEM" ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK, SPRINGER VERLAG, WIEN, AT, vol. 109, no. 5, January 1992 (1992-01), pages 261-266, XP000304331 ISSN: 0932-383X -----	
A	DE 41 33 209 A1 (KOENIG, HERBERT, PROF. DR.-ING., 8000 MUENCHEN, DE; BETZ, HANS-DIETER,) 8 April 1993 (1993-04-08) -----	
A	DE 198 26 122 A1 (SPHERICS MESS- UND ANALYSETECHNIK GMBH, 96215 LICHTENFELS, DE) 25 February 1999 (1999-02-25) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2005/050355

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6246367	B1 12-06-2001	US 5771020 A EP 0845110 A2 JP 11510252 T WO 9705508 A2		23-06-1998 03-06-1998 07-09-1999 13-02-1997
US 6735525	B1 11-05-2004	US 2004254731 A1 WO 2004086096 A1		16-12-2004 07-10-2004
DE 4133209	A1 08-04-1993	NONE		
DE 19826122	A1 25-02-1999	AU 8626498 A CA 2293475 A1 CN 1266498 A ,C DE 19880736 D2 DE 59807022 D1 DK 990177 T3 WO 9858279 A1 EP 0990177 A1 ES 2191952 T3 JP 2002506523 T US 6164130 A		04-01-1999 23-12-1998 13-09-2000 12-10-2000 27-02-2003 26-05-2003 23-12-1998 05-04-2000 16-09-2003 26-02-2002 26-12-2000